

Introdução

Apesar da erosão de materiais, em particular de metais, ser estudada há muito tempo, o entendimento desse fenômeno em materiais cermetes (carbeto cerâmicos em matrizes metálicas) ainda é pouco conhecido e tem se tornado alvo de pesquisas na área de materiais de engenharia, principalmente no campo de revestimentos. Componentes metálicos, cujas superfícies estejam expostas a ambientes sujeitos a degradação por ação mecânica, principalmente erosão por partículas sólidas, como por exemplo, caldeiras, ciclones e tubulações podem ser protegidos pela aplicação de revestimentos. A combinação de diferentes materiais, tais como metais e cerâmicos, a nível microestrutural propicia o surgimento de materiais com propriedades ímpares e performance em uso, não alcançadas pelos constituintes individuais.

Objetivo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de um revestimento a base de FeNbCrW, tratado termicamente e como aspergido, depositado pelo processo de arco elétrico frente ao desgaste erosivo em diferentes temperaturas e ângulos de incidência do erodente.

Procedimento Experimental

Os revestimentos foram aspergidos termicamente através do processo a arco elétrico, depois foram tratados termicamente em um forno tubular em temperatura de 750°C por 2h em diferentes atmosferas. Os ensaios de erosão foram feitos em um equipamento de desgaste seguindo norma ASTM. Para a análise do revestimento, antes e após o tratamento térmico, foi feita microscopia eletrônica de varredura (MEV), porosidade e microdurezas.

- Materiais:

A) Arame para obtenção de revestimentos:

O arame utilizado neste trabalho é um arame com utilizado com o objetivo de produzir um material com características superiores ao que tange ao desgaste, corrosão e oxidação.

B) Erodente:

É utilizado como abrasivo erodente a alumina eletrofundida marrom devido a presença de TiO₂, tendo maior resistência ao impacto no jateamento do que a alumina branca.

- Fabricação dos corpos-de-prova: Os corpos-de-prova constituíram-se de um revestimento aplicado sobre um substrato de aço inoxidável AISI 310. Foi feito um jateamento com microesferas abrasivas de aço para aumentar e padronizar a rugosidade superficial antes da aspersão térmica. Após, a superfície do corpo-de-prova foi limpa com ar comprimido, com o objetivo de afastar resíduos decorrentes do jateamento e então aplicada uma camada base. A camada base foi aplicada por *Wire flame spray*, na superfície preparada do substrato com a função de fornecer ancoramento mecânico. Os revestimentos foram aspergidos termicamente através do processo a arco elétrico empregando-se o sistema TAFE Model 8830. Os parâmetros utilizados estão na Tabela 1. Os corpos-de-prova foram aspergidos manualmente.

Parâmetros	Valores
Tensão (V)	32
Corrente (A)	175
Espessura do revestimento [µm]	200
Pressão do Ar [psi]	75
Distância de Aspersão [mm]	100

Tabela 1. – Parâmetros utilizados pelo método arco elétrico.

-Desgaste Erosivo:

Os ensaios de desgaste foram realizados no equipamento mostrado na Figura 1. Para avaliação dos revestimentos em relação à resistência ao desgaste erosivo foi observada a perda de massa do revestimento por massa de material erodente (alumina eletrofundida) que incidu sobre a superfície revestida. Foram realizados ensaios de erosão nas temperaturas de 25 e 600°C, ângulos de incidência do material erodente de 30 e 90 graus e velocidade de incidência do material erosivo de 50m/s.

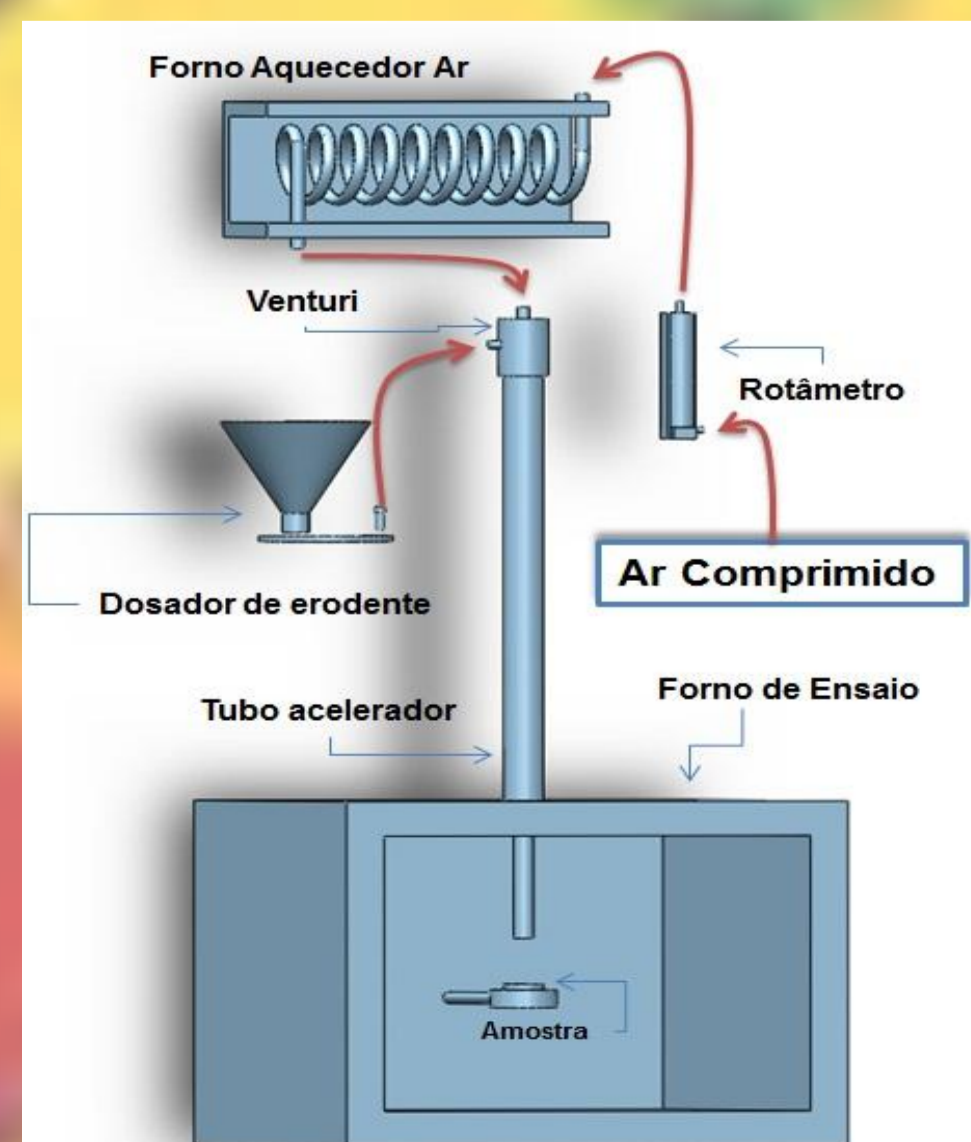


Figura 1. – Equipamento para ensaios de desgaste erosivo a diferentes temperaturas

Resultados e Discussões

-MEV

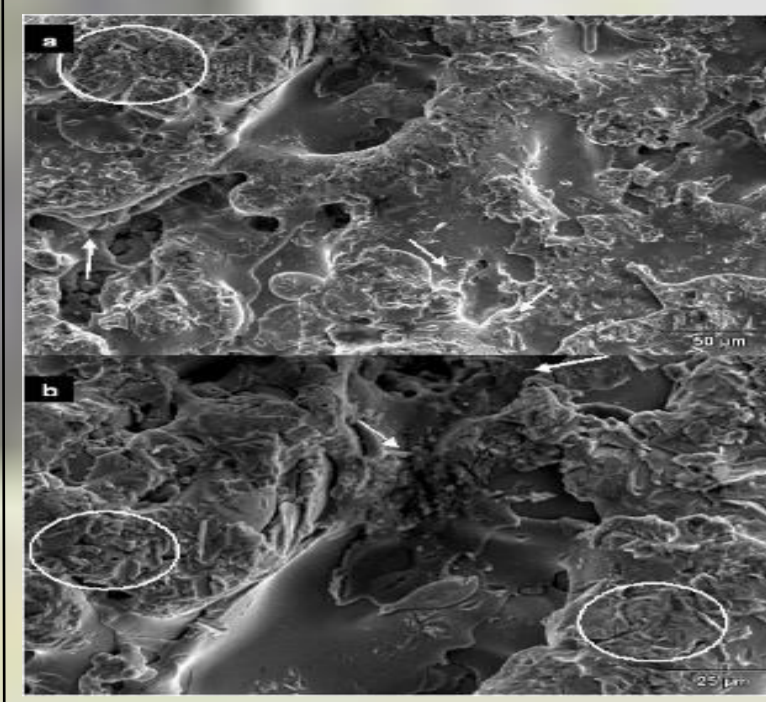


Figura 2 – Microscopia eletrônica de varredura da superfície (topo) do revestimento como aspergido: a) 400x e b) 800x

A partir da análise da Figura 2-1a e Figura 2-1b pode-se observar que o revestimento apresenta lamelas de tamanhos variados, com aspecto fundido e ausência de cantos vivos, evidenciando o estado de plasticidade das partículas no momento do choque com o substrato. Embora, ainda se verifique a presença de algumas micropartículas com arestas (círculos) na superfície das lamelas, provavelmente partículas com maior dureza e que não atingiram posições ótimas na chama (temperatura e velocidade suficientes para atingirem um estado plástico/viscoso). Constata-se também a presença de alguns poros entre as lamelas e microtrincas interlamelares (setas), típico de revestimentos cermetes aspergidos por arco elétrico.

-Avaliação da Dureza:

Dureza HV _{0,3} – Carga 2,94N			
	Média	Dispersão (%) (Desvio Padrão/Média)	Desvio Padrão
Toto	1165	7,5	87,6
AsS	919	5,7	52,5

Tabela 2 – : Dureza dos revestimentos com tratamento térmico (toto) e sem tratamento térmico (ass).

Foi encontrada baixa dispersão (< 10%) mostrou-se uma distribuição de fases homogênea, consequência de parâmetros bem determinados e baixo nível de porosidade. Evidencia-se também um aumento da dureza em função do tratamento térmico aplicado.

-Desgaste Erosivo a Temperatura Ambiente

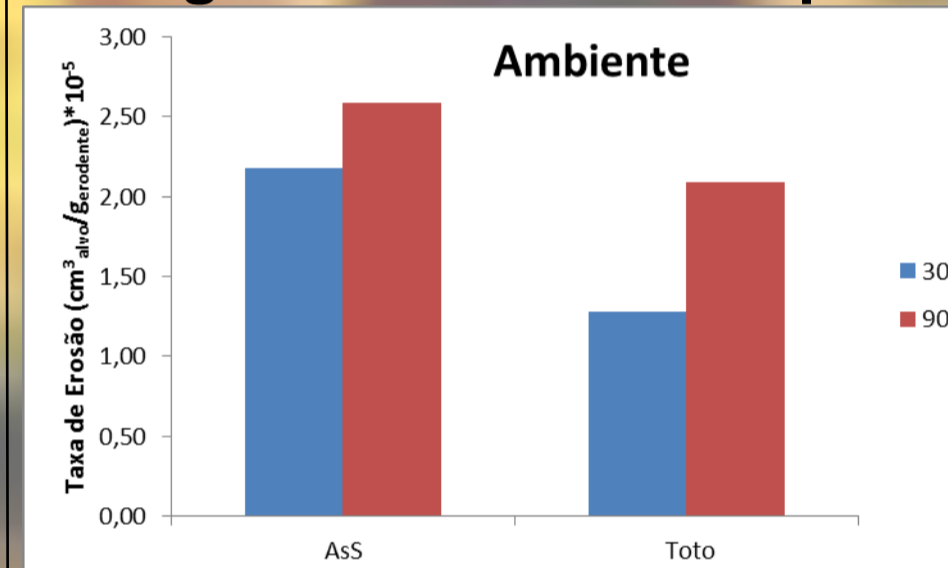


Figura 3 – Variação da taxa de erosão, em perda de volume por massa de erodente impactada, em função do ângulo de incidência do erodente e tratamento térmico sobre o revestimento na temperatura ambiente.

A partir dos resultados apresentados na Figura 3, pode-se verificar que para a temperatura ambiente o revestimento sem tratamento térmico apresentou um comportamento notoriamente de material frágil. O comportamento frágil no desgaste erosivo de materiais pressupõe que o máximo de erosão ocorra para ângulos próximos a normal. Comparando-se a taxa de erosão para o ângulo de ataque de 30° com a de 90°, constata-se um aumento de aproximadamente 62%.

-Desgaste Erosivo a Quente

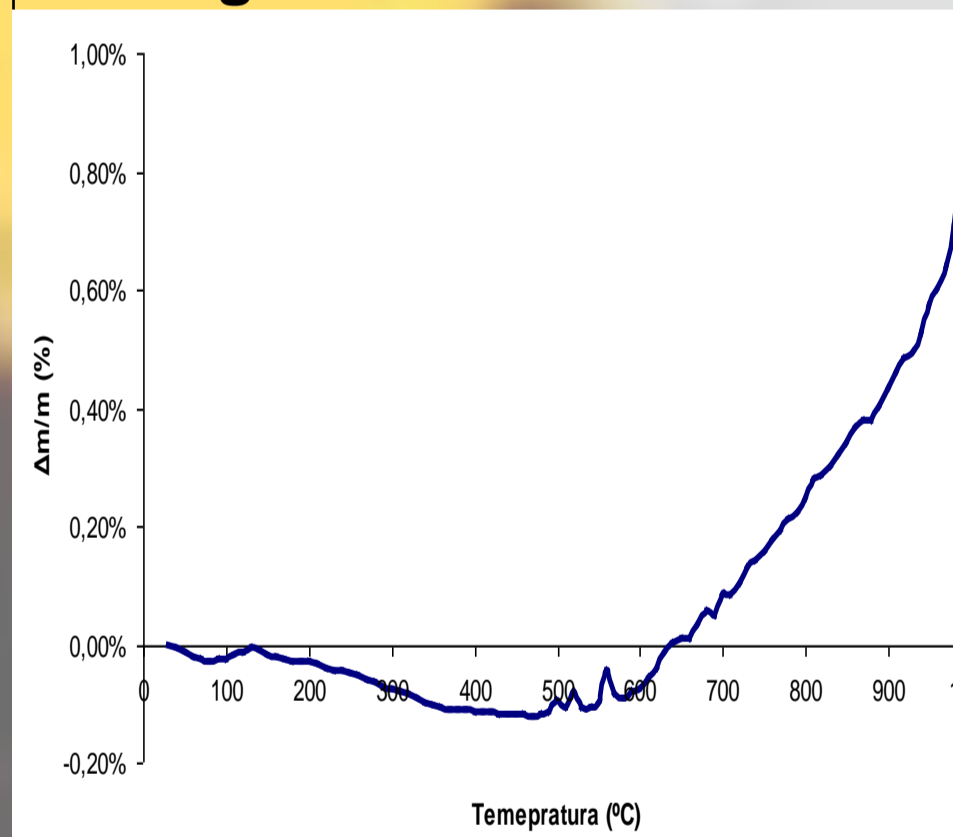


Figura 4: Ganho de massa (em %) em função da temperatura pela análise termogravimétrica

O aumento da temperatura durante a erosão pode causar, além da incrustação, observada também a temperatura ambiente, a oxidação do revestimento. Portanto, antes de apresentar os resultados de taxa de erosão na temperatura de 600°C investigou-se o ganho de massa do revestimento FeNbCrW quanto a incrustação de partículas erodentes e a oxidação, em função da temperatura. Quanto ao incremento de massa devido a oxidação do substrato ela só é

realmente efetiva para temperaturas maiores que 800°C, segundo a análise termogravimétrica (Figura 4).

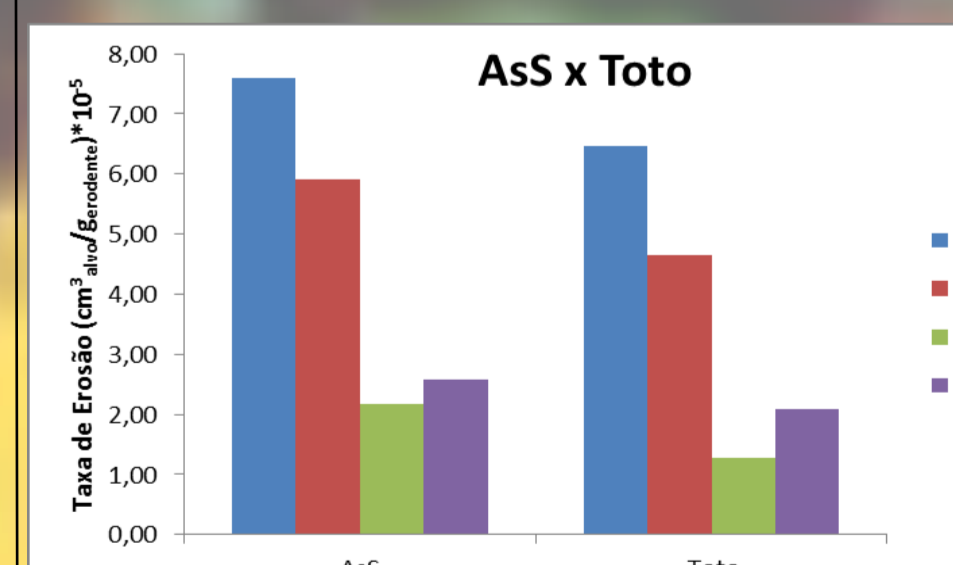


Figura 5: Variação da taxa de erosão, em perda de volume por massa de erodente impactada, em função da temperatura de ensaio e parametrizado pelo ângulo de ataque do erodente. Corrigida quanto a incrustação de erodente. Colocar gráfico corrigido após ter os dados da incrustação. Q- a quente. A – em temperatura ambiente.

A partir da análise da Figura 5, pode-se observar que o acréscimo de temperatura tende a aumentar a taxa de desgaste erosivo para qualquer ângulo de ataque investigado. Por outro lado, observa-se que o acréscimo de temperatura de 25°C a 600°C atua no sentido de diminuir a taxa de desgaste erosivo conforme aumento do ângulo em relação à normal. Observa-se também a maior queda para o ângulo de 90° em

comparação ao de 30°. Assim, pode-se supor que o aumento da temperatura esteja causando um aumento da ductilidade, tornando a taxa de erosão maior para ângulos menores em relação à normal

Conclusão

Os resultados mostraram que a técnica de arco elétrico se mostrou eficiente para a aspersão de revestimento de cermetes e que para ensaios a temperatura ambiente, sem tratamento térmico, o revestimento apresentou um comportamento notoriamente de material frágil.